

⑨日本国特許庁

⑩特許出願公開

公開特許公報

昭53—89753

51 Int. Cl. ²	識別記号	52 日本分類	53 国内整理番号	43 公開
G 02 F 1/13 //		104 G 0	7348—23	昭和53年(1978)8月7日
G 09 F 9/00		101 E 9	7129—54	発明の数 1
		101 E 5	7013—54	審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑤液晶表示素子

⑪特 願 昭52—4272
⑫出 願 昭52(1977)1月18日
⑬発 明 者 永田光夫
諏訪市大和3丁目3番5号 株

式会社諏訪精工舎内
⑭出 願 人 株式会社諏訪精工舎
東京都中央区銀座4丁目3番4号
⑮代 理 人 弁理士 最上務

明 細 書

発明の名称

液晶表示素子

特許請求の範囲

1. 2枚の基板より構成される液晶セル、該セル中にホメオトロピック配向状態で封入されたネマチック液晶と2色性染料の混合物、上記セル内壁面の少くとも一方に形成されたくしめ状電極、該くしめ状電極間に電界を印加する手段、上記液晶セルの上面又は下面に設けられた偏向フィルターとより構成されることを特徴とした液晶表示素子。

発明の詳細な説明

本発明は、液晶表示素子に関する。さらに詳しくは、いわゆるゲストホスト効果を応用した新規な表示方式に関する。本発明の目的は従来のゲストホスト効果を応用した表示と異り、透明なパ

クグラウンドにカラーの文字、数字、パターンなどを表示する方式を提供する事にある。

ゲストホスト効果というのは液晶中に染料を添加したものを液晶セル中にはさみ込み、液晶の分子配向を電界で制御する事により染料の方向をも同時に制御し表示を行なうもので、母体の液晶(ホスト)中に染料(ゲスト)を混合したものを使用する為此の名前がついている。現在ホスト液晶としてネマチック液晶を使う方式と電界印加によりコレステリック相からネマチック相へ相転移を起すコレステリック液晶を使う方式があるが、いずれも基本的な原理は同じなので、以下ネマチック液晶をホストにした場合を例にその表示原理の説明を行なう。

第1図に従来のゲストホスト効果の原理図を示した。第1図。は、電界無印加の状態を示し、この時基板1の間にサンドイッチされた液晶分子2も染料分子3もホモジニアス配列になっている。この時、染料分子は入射光のうちある波長のものを選択吸収するので、サンドイッチされた液晶層

(1)

(2)

は発色状態になっている。次に第1図bに示したように電極4の間に電界を印加すると、液晶分子が正の誘電異方性を持っている為、この部分の液晶分子はホメオトロピック配向状態になる。染料分子もそれに従ってホメオトロピック配向状態になり、光の選択吸収を行なわなくなるので、この部分は透明状態になる。従って電気光学的表示が可能になる。

以上が従来行なわれてきたゲストホスト効果の表示原理であるが、この方式では電界無印加状態が発色状態で電界を印加すると消色状態となる。換言すれば色のついた面に、透明な文字、パターンが現われるという表示になる。この様な方式を実際に表示に使用すると透明型にして後方から照明を行えば十分なコントラストが得られるが、反射型にして照明装置なしの表示にすると暗く見づらいという欠点があった。従って、電子腕時計や電卓、その他携帯用の機器などの様に消費電力が極端に制限される装置の表示に使うには問題があった。

(3)

、第2図の8, 8', 8"は、第3図に示した電極10に相当し、9, 9'は、電極11に相当するという具合になっている。従って第3図におけるスイッチ13を入れると電極10と11の間には電源12に対応した電界が加わる事になる。この事は、第2図bにおいて、電極8, 8', 8"と9, 9'との間に電界が生じる事を意味し、液晶分子は誘電異方性が正であるから、生じた電界の分布に従って第2図bの如く配列し、染料分子も同様に液晶分子の配列に従う事となる。

ここで第2図aの状態においては、染料分子は光の選択吸収を行なわない為に透明状態となっている。ところが第2図bの状態では図に示した如く、液晶分子及び染料分子は部分的には基板に対して平行配列をとっている。従って、この部分の染料分子は光の一部を選択吸収することとなり、その結果、くしめ電極の交叉した部分は外見的には発色状態となる。

以上が本発明による表示原理であるが、本発明においては、さらにセルの上面又は下面に偏光フ

(5)

本発明は、このような従来のゲストホスト効果を応用した表示と異り、同じくゲストホスト効果を応用した表示でありながら、透明なバックグラウンド中にカラーの文字、数字、パターンなどを表示する事を可能としたものである。

以下本発明の要点的説明を行なう。

第2図に本発明に基づくセルの断面図を示した。第2図aは電界無印加状態を示し、第2図bは電界印加状態を示す。液晶層と接する基板の壁面にはあらかじめ液晶分子がホメオトロピック配向するように表面処理をほどこしておく。従って電界無印加状態では第2図aに示した如く液晶分子も、染料分子もホメオトロピック配向している。これに対して、くしめ状に形成された電極8, 8', 8"と9, 9'との間に電界を印加すると、液晶分子及び染料分子の配向状態は第2図bに示した様になる。ここでくしめ状電極8, 8', 8", 9, 9'は第3図に正面から見た状態を示した様に、数ミクロンから数十ミクロンのピッチで細い電極を重ねた状態にしておく。例えば

(4)

フィルターを設置する事をその特徴とする。この偏光フィルターを設置するのは偏光フィルターのない状態よりも一層コントラストを良くする為である。偏光フィルターの設置によりコントラストが良くなるのは次のような理由による。

一般に2色性染料分子は液晶と同じく、細長い棒状の形状をしている。これを第4図の座標の中心にモデル的に示しておいた。第4図に示した如く染料分子の長軸方向がZ軸を向いている時、Z軸方向から照射される光については、その振動面の方向にかかわらず染料分子は選択吸収を起さない。このことは本発明における電界無印加状態第2図aに対応しており、この時消色状態となっている。これに対し第4図において例えばX軸方向に進行する光については、その振動方向がZ軸方向のものについては染料分子は選択吸収を起さないが、Y軸方向に振動する光に対しては選択吸収を行なう。この事を本発明における表示と対応させて考えると、第2図bに示した電界印加状態において、ガラス基板に対して平行配列状態に

(6)

なった染料分子に対応する。この染料分子の長軸方向に振動方向を持つ光は第4図において、 x 軸方向に進行し振動方向が z 軸方向のものと対応する。従ってこのような光は第2図にも示した電界印加状態においても染料の発色には帰与しない。これに対し染料分子の長軸方向に直角の振動方向を持つ光、言い換えるとくしめ電極のくしめの方向に平行な振動方向を持つ光は、第4図において y 軸方向に進行し、振動方向が y 軸方向のものに対応する。従ってこの光は染料分子によって選択吸収され発色に帰与する事となる。

以上述べた事をまとめると、本発明による表示において発色に帰与する光は、くしめ電極のくしめ方向に平行な振動方向を持つ光のみであり、くしめ方向に直角の振動方向を持つ光は表示機能には全く関係ない。

従って本発明による表示をもし偏光フィルターなしで見た場合、くしめ電極の方向に直角の振動方向を持つ光は消色時にも常に存在する事となり、これは単に表示機能に無関係というだけでなく

(7)

ーンは7セグメント方式のスタティック駆動用のパターンを示している。図の common 電極とそれぞれのセグメント端子 a, b, c, d, e, f, g との間に電界を印加すればそれに対応したセグメント部分が点灯する事になる。

第5図に示したくしめ状電極を形成するのは、フォトエッチング法などの手段によって容易に行なう事ができる。くしめのピッチは数ミクロンから数十ミクロン程度の間が適当である。電極材料は酸化スズ、酸化インジウム等の透明導電膜を用いてもよいし、反射型の場合、アルミニウムや金、銀、その他の金属を真空蒸着、スパッタリング、あるいはイオンプレーティングなどの方法で薄膜にしたものを用いてもよい。

図面の簡単な説明

第1図は従来のゲストホスト効果の原理図である。第2図は本発明によるゲストホスト効果の原理図である。第3図は本発明によるくしめ状電極の状態を模式的に表わしたものである。第4図は

(9)

、表示のコントラスト低下をもたらしている。

これに対し偏光フィルターを使って、くしめ電極方向に直角な振動方向を持つ光をカットしてしまえば、表示機能に無関係に重畳されコントラスト低下をもたらしていた光がなくなり、残る光は全て表示に帰与するところの、くしめ電極に平行な振動方向を持つものだけとなる。従ってコントラスト比が上るというわけである。

以上が本発明による表示原理である。上述したように本発明による表示方式では、普通は透明状態で電界を印加するとその部分だけが発色するという事になり、今までのゲストホスト効果を利用した表示と全く逆になる。従って反射型の表示にしても十分明るく、また高コントラストの表示となる。さらに本方式による駆動電圧や、消費電力はいわゆるねじれネマチック方式と同程度になり、電子時計や電卓等の表示部として用いても十分に長い電池寿命を保証する事ができる。

第5図に本発明による表示方式で数字表示を行なう時の電極パターン例を示した。第5図のパタ

(8)

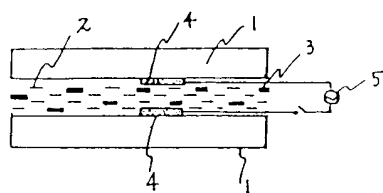
染料分子の発色、消色状態を説明する為の図である。第5図は本発明を数字表示に応用する時の電極パターン例を示したものである。

- 1基 板
- 2ホスト液晶分子
- 3ゲスト染料分子
- 4電 極
- 5電 源
- 6ホスト液晶分子
- 7ゲスト染料分子
- 8, 8', 8'', 9, 9' 電 極
- 10, 11 電 極
- 12 電 源
- 13 スイッチ

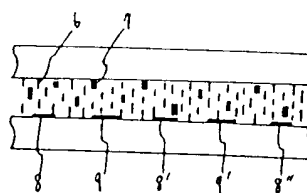
以 上

代理人 最 上

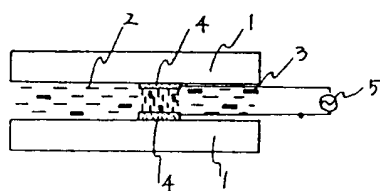




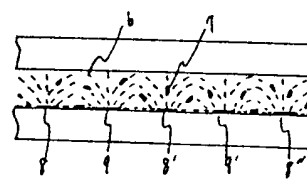
第1図 a



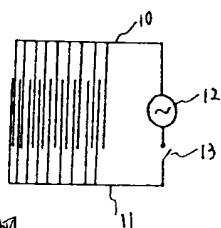
第2図 a



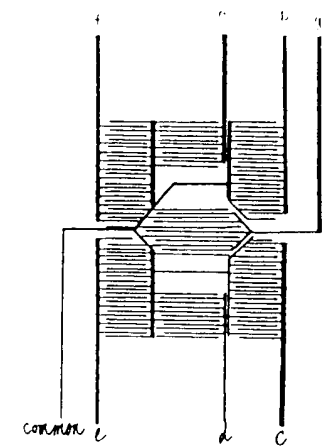
第1図 b



第2図 b

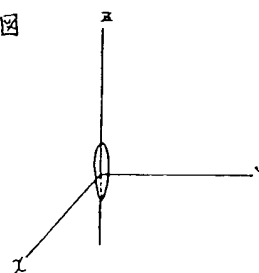


第3図



第5図

第4図



昭和53年2月20日

特許庁長官 熊谷 善二 殿

1. 事件の表示

昭和52年特許願第 4272 号

2. 発明の名称

液晶表示素子

3. 補正をする者

事件との関係 出願人

東京都中央区銀座4丁目5番4号

(236)株式会社 源 防 精 工 会

代表取締役 西村 留雄

4. 代理人

〒150 東京都渋谷区神宮前2丁目6番8号

(4664) 弁理士 最上 務

連絡先 563-2111 内線 223-6 担当 長谷川

5. 補正の対象

明細書

6. 補正の内容

別紙の通り

「方向に直角な振動方向」に訂正する。

6. 7頁3行目

「z軸方向の」とあるを

「y軸方向の」に訂正する。

7. 7頁6行目

「長軸方向に直角の振動方向」とあるを

「長軸方向に振動方向」に訂正する。

8. 7頁8行目

「向に平行な」とあるを

「向に直角な」に訂正する。

9. 7頁9行目

「振動方向がy軸方向の」とあるを

「振動方向がz軸方向の」に訂正する。

10. 7頁下から7行目

「方向に平行な」とあるを

「方向に直角な」に訂正する。

11. 7頁下から6行目

「方向に直角の」とあるを

「方向に平行な」に訂正する。

12. 7頁下から3行目

1. 特許請求の範囲を次の様に訂正する。

1. 2枚の基板より構成される液晶セル、該セル中にホメオトロピック配向状態で封入されたネマチック液晶と2色性染料の混合物、上記セル内壁面の少くとも一方に形成されたかしめ状電極、該かしめ状電極間に電界を印加する手段、上記液晶セルの上面又は下面に設置された偏向フィルターとより構成されることを特徴とした液晶表示素子。

2. 3頁14行目

「透明型にして」とあるを

「透過型にして」に訂正する。

3. 6頁下から6行目

「z軸方」とあるを「y軸方」に訂正する。

4. 6頁下から4行目

「y軸方向」とあるを「z軸方向」に訂正する。

5. 7頁2行目

「方向に振動方向」とあるを

- 1 -

「方向に直角の」とあるを

「方向に平行な」に訂正する。

13. 8頁3行目

「極方向に直角な」とあるを

「方向に平行な」に訂正する

14. 8頁6行目

「電極に平行」とあるを

「電極に直角」に訂正する。

以 上

代理人 最上 務

Applied: January 18, 1977
Application No.: 52-4272
Laid-open: August 7, 1978

Title: A liquid crystal display element

Inventors: Mitsuo Nagata

Applicant: Suwa Seiko-sha K.K.

1. Title of Invention

A liquid crystal display element

2. Region of Patent Requested

A liquid crystal display element which is characteristically constructed with: a liquid crystal cell constructed with two sheets of substrates, a mixture of a nematic liquid crystal and a dichromatic dye which possess a homeotropic alignment and are held within the said cell; comb-tooth [Amendment-1] like electrodes formed on at least one inner surface of the said substrates; a method to apply an electric field between the said comb-tooth like electrodes; and a polarization filter installed at the top or bottom surface of the said liquid crystal cell.

3. Detailed Explanation

The present invention relates to the liquid crystal display element. In a more detail, the present invention relates to a novel display method employing the so-called guest-host effect. The purpose of the present invention is different from the conventional displays employing the guest-host effect, and offers the method to display color letters, numbers, and patterns on a transparent background.

In the guest-host effect, the liquid crystal being added with a dye is held in the liquid crystal cell and the control of the molecular alignment of the liquid crystal by the electric field simultaneously controls the direction of the dye. The use of the mother liquid crystal (a host) having a dye (a guest) is attributed to this name. Currently two types are utilized: a method to employ a nematic liquid crystal as a host liquid crystal, and the method to employ a cholesteric liquid crystal of which phase changes from the cholesteric phase to the nematic phase by the application of an electric field. Either case is essentially the same in principle, therefore, the display principle is interpreted in the section below, by taking an example of the nematic liquid crystal as a host.

Figure 1 presents the principle of the conventional guest-host effect. Figure 1a presents the condition under no applied electric field and at this time, the liquid crystal molecules 2 and dye molecules 3 sandwiched between the substrates 1 and 1 are aligned homogeneously. Then, the dye molecules selectively absorb a certain

wavelength among the incident light, therefore, the sandwiched liquid crystal layer is colored. When the electric field is applied between the electrodes 4 and 4, as shown in Figure 1b, the liquid crystal molecules at this section present the homeotropic alignment since the liquid crystal molecules possess a positive dielectric anisotropy. Incidentally, the dye molecules also present the homeotropic alignment, and no selective light absorption occurs. As the result, this section becomes transparent. In conclusion, the electro-optical display becomes possible.

The display principle of the conventional guest-host effect is described in the section above. In this method, the condition with no applied field presents a color and the condition with applied electric field presents a colorless display. In other words, transparent letters and patterns appear on the colored surface. When this method is practically applied to the display, a sufficient contrast may be obtained in the case of the transparent [Amendment-2] type with illumination from the back. However, it is very dark and difficult to see in the case of the reflective type which has no illumination device. Therefore, the application of this method was not suitable for the display of the devices of which the consumption power is strictly limited, such as electronic watches, calculators, and other portable devices.

The present invention is different from the conventional display applying the guest-host effect. Although the present invention applies the same guest-host effect, it enables the display of color letters, numbers and patterns on the transparent background. Below, the contents of the present invention is interpreted. Figure 2 is a cross-sectional diagram of the cell in the present invention. Figures 2a and 2b present the states without and with the electric field, respectively. The interfaces of the substrates contacting with the liquid crystal layer are preliminary treated so that the liquid crystal molecules present the homeotropic alignment. Therefore, both the liquid crystal molecules 6 and the dye molecules 7 present the homeotropic alignment under no applied electric field, as seen in Figure 2a. Then, when the electric field is applied between the comb-tooth like electrodes 8, 8', 8" and 9, 9', the alignment direction of the liquid crystal molecules and the dye molecules is as shown in Figure 2b. Here Figure 3 presents the front view of the comb-tooth like electrodes 8, 8', 8", 9, and 9' wherein fine electrodes are piled [Note from the Translator-1] together with a pitch size of several to several tens of micrometers. For example, the electrodes 8, 8', and 8" correspond to the electrodes 10 and electrodes 9, and 9' correspond to the electrodes 11 in Figure 3. Therefore, by turning on the switch 13 in Figure 3, an electric field corresponding to the power supply 12 is applied between the electrodes 10 and 11, in Figure 3. This indicates that an electric field is generated between the electrodes 8, 8', 8" and 9, 9' in Figure 2b. Since the liquid crystal molecules possess a positive dielectric anisotropy, they align as shown in Figure 2b according to the generated electric field distribution. Incidentally, the dye molecules follow the alignment of the liquid crystal molecules.

At the condition in Figure 2a, dye molecules do not absorb light selectively, thus are presented transparent. On the other hand, at the condition in Figure 2b, the liquid crystal molecules and the dye molecules align homogeneously at some sections. Therefore, the dye molecules at these parts selectively absorb a part of the light, as a result, the sections where the comb-tooth like electrodes are crossed [Note from Translator-2] look colored.

This is the display principle in the present invention. The present invention is characterized further by possessing a polarization filter on a top or bottom surface of the cell. The polarization filter is installed in order to make the contrast even better than the condition without the polarization filter. The reason for the good contrast due to the polarization filter is as follows.

In general, the dichromatic dye molecule has a long-bar-like shape, as similar to the liquid crystal. This is schematically shown by placing at the center of the coordination in Figure 4. As shown in Figure 4, when the long axis direction of the dye molecule points in the z-axis direction, the dye molecules do not selectively absorb the light irradiated from the z-axis direction, regardless to its direction of the vibrational surface. This condition corresponds to the condition under no applied electric field in the present invention, as shown in Figure 2a, and it is the discolored state. On the other hand, for the light of which the advancement direction is, for example, the x-axis direction, the dye molecules do not selectively absorb the light of which vibrational direction is in the z-axis [Amendment-3] direction, while the light of which vibrational direction is in the y-axis [Amendment-4] direction is selectively absorbed. This phenomenon is considered by corresponding to the display of the present invention. At the condition with the applied electric field as shown in Figure 2b, this corresponds to the dye molecules aligned in parallel to the substrate. The light of which vibrational direction is in the long axis direction of the dye molecules [Amendment-5] corresponds to the light advancing to the x-axis direction while having a vibration direction to the z-axis direction [Amendment-6] in Figure 4. Therefore, such the light does not concern to the dye coloring even under the applied electric field condition as shown in Figure 2b. On the other hand, the light of which vibrational direction is perpendicular to [Amendment-7] the long axis direction of the dye molecules i.e., the light of which vibrational direction is parallel to [Amendment-8] the comb-tooth direction of the comb-tooth like electrodes corresponds to the light advancing to the x-axis direction while having a vibration direction to the y-axis direction [Amendment-9] in Figure 4. Therefore, such the light is selectively absorbed by the dye molecules, resulting in the coloring.

In summary, in the display of the present invention, the light concerning to the coloration is only the light of which vibrational direction is parallel to [Amendment-10] the comb-tooth direction of the comb-tooth like electrodes and the light of which vibrational direction is perpendicular to [Amendment-11] the comb-tooth direction does not concern to the display function.

Therefore, when the display of the present invention is observed without the polarization filter, the light of which vibrational direction is perpendicular to [Amendment-12] the comb-tooth direction exists even at the discoloration stage. This light is not only insignificant for the display function, but also reduces the display contrast.

On the other hand, when the light of which vibrational direction is perpendicular to [Amendment-13] the comb-tooth direction is eliminated by the polarization filter, then the light which is not only insignificant for the display function but also reduces the display contrast is eliminated. All the remaining light possesses the vibrational direction parallel to [Amendment-14] the comb-tooth direction and concerns to the display. As a result, the contrast ratio is increased.

The display principle of the present invention is interpreted in the section above. As described above, the display method of the present invention presents a transparent background and the section with the applied electric field becomes colored. This is the completely reverse forms of the conventional display utilizing the guest-host effect. Therefore, its application to the reflective type display results in a bright display with a high contrast. In addition, the driving voltage and power consumption in this method is practically the same as that by the twisted nematic type. Therefore, it can assure a sufficiently long lifetime of batteries even when used as the display for the electronic watches and calculators.

Figure 5 presents an electrode pattern when the display method of the present invention is applied for a number display. The pattern in Figure 4 is the seven segment type for the static driving. In this figure, when the electric field is applied between the common electrode and the terminals for each segment a, b, c, d, e, f, and g, then the corresponding segment section will be illuminated.

The comb-tooth like electrodes shown in Figure 5 may be easily prepared by the method of photo-etching. The pitch between the comb-teeth is desirably from several to several tens of micrometers. Applicable electrode materials are transparent conductive materials such as tin oxide, and indium oxide. In the case of the reflective type, metals such as aluminium, gold, silver and so on may be employed by being made into a thin film by the methods of vacuum deposition, sputtering, and ion plating.

4. Simple Explanation of Figures

Figure 1 presents the principle of the conventional guest-host effect. Figure 2 presents the principle of the guest-host effect in the present invention. Figure 3 is a schematic diagram of the comb-tooth like electrodes in the present invention. Figure 4 is a diagram to explain the coloring and discoloring conditions of the dye molecules. And Figure 5 is an example of the electrode pattern applicable to the number display.

1 - substrate
3 - guest dye molecules
5 - power supply
7 - guest dye molecules
10, 11 - electrodes
13 - switch

2 - host liquid crystal molecules
4 - electrodes
6 - host liquid crystal molecules
8, 8', 8'', 9, 9' - electrodes
12 - power supply

Figure 1a

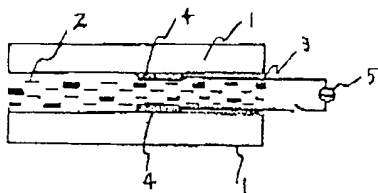


Figure 1b

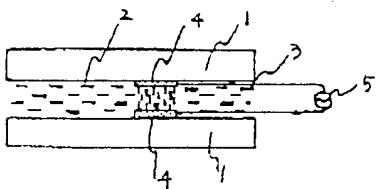


Figure 2a

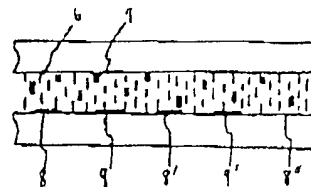


Figure 2b

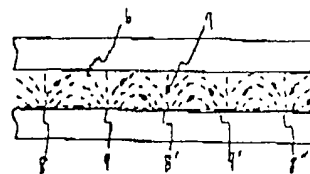


Figure 3

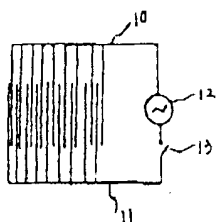


Figure 5

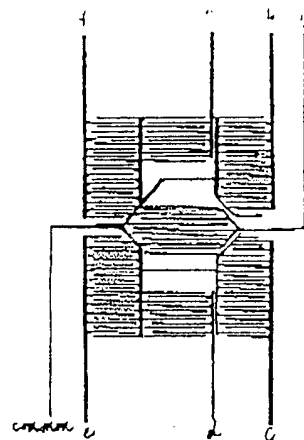
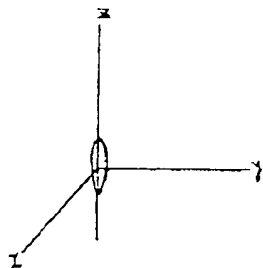


Figure 4



Amendments (Voluntarily)

Filed: February 20, 1978

Amendments

1. P. 1, Claim 1 (P. 1, Claim 1)
Claim 1 is amended as follows,

A liquid crystal display element which is characteristically constructed with: a liquid crystal cell constructed with two sheets of substrates, a mixture of a nematic liquid crystal and a dichromatic dye which possess a homeotropic alignment and are held within the said cell; kashime [Amendment-1] [Note from the Translator-3] like electrodes formed on at least one inner surface of the said substrates; a method to apply an electric field between the said comb-tooth like electrodes; and a polarization filter installed at the top or bottom surface of the said liquid crystal cell.

2. P. 306, section 3, L. 14 (P. 2, the 2nd paragraph)
The word "transparent" is amended to "transmission".
3. P. 306, section 6, L. 15 (P. 3, the 3rd paragraph)
The word "z-axis" is amended to "y-axis".
4. P. 306, section 6, L. 17 (P. 3, the 3rd paragraph)
The word "y-axis" is amended to "z-axis".
5. P. 307, section 7, L. 2 (P. 3, the 3rd paragraph)
The words "vibrational direction is the long axis direction of the dye molecules" are amended to "vibrational direction is perpendicular to the long axis direction of the dye molecules".
6. P. 307, section 7, L. 3 (P. 3, the 3rd paragraph)
The word "z-axis" is amended to "y-axis".
7. P. 307, section 7, L. 6 (P. 3, the 3rd paragraph)
The words "vibrational direction is perpendicular to the long axis direction of the dye molecules" are amended to "vibrational direction is the long axis direction of the dye molecules".
8. P. 307, section 7, L. 8 (P. 3, the 3rd paragraph)
The words "parallel to" are amended to "perpendicular to".
9. P. 307, section 7, L. 9 (P. 3, the 3rd paragraph)
The word "y-axis" is amended to "z-axis".
10. P. 307, section 7, L. 14 (P. 3, the 4th paragraph)
The words "parallel to" are amended to "perpendicular to".
11. P. 307, section 7, L. 15 (P. 3, the 4th paragraph)
The words "perpendicular to" are amended to "parallel to".

YTH TRANSLATION
JP (A) 53-89753

12. P. 307, section 7, L. 18 (P. 3, the 5th paragraph)
The words "perpendicular to" are amended to "parallel to".
13. P. 307, section 8, L. 3 (P. 4, the 2nd paragraph)
The words "perpendicular to" are amended to "parallel to".
14. P. 307, section 8, L. 6 (P. 4, the 2nd paragraph)
The words "parallel to" are amended to "perpendicular to".

Notes from the Translator

1. P. 306, section 4, last line (P. 2, the 3rd paragraph)
The word "piled" is a literal translation, but does not seem adequate. It should be read, for example, "overlapped".
2. P. 306, section 5, L. 17 (P. 3, the 1st paragraph)
The word "crossed" is a literal translation, but does not seem adequate. It should read, for example, "overlapped".
3. P. 309, Amendment 1 (P. 6, Amendment 1)
This amendment indicates to change the word "kushime (comb-tooth)" to "kashime", which has no apparent meaning related to the subject. In addition, the word "kashime" appears only in Claim 1, and "kushime" is used everywhere else in the specification.